

NGHIÊN CỨU SỰ LÀM VIỆC ĐỒNG THỜI MÓNG BĂNG, BÈ CỌC VÀ NỀN ĐẤT

KS. PHAN HUY ĐÔNG

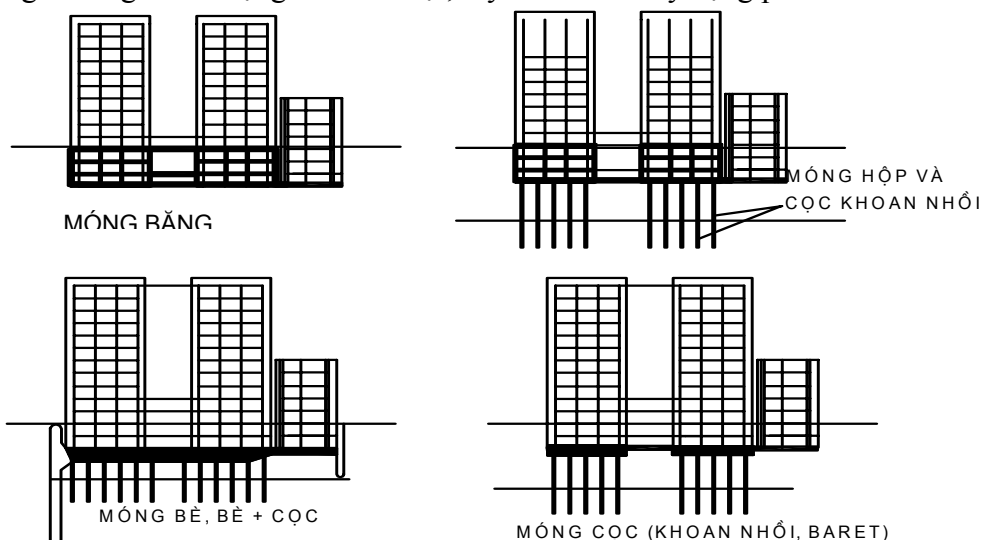
Division of Soil mechanics and foundation engineering – Civil University

email: phdong_hucevn@yahoo.com

1. Thảo luận.

Với nhu cầu sử dụng ngày càng tăng, các công trình nhà trung và cao tầng đang được xây dựng nhiều ở nước ta hiện nay, đặc biệt là ở các thành phố lớn. Đặc điểm của các công trình trung và cao tầng là có tải trọng đứng và tải trọng ngang (gió và động đất) là rất lớn, trong đó tải trọng ngang đóng vai trò quan trọng trong công tác thiết kế. Khi chịu tác động của tải trọng ngang sẽ sinh ra mômen lật lớn nên giải pháp kết cấu móng có yêu cầu rất khắt khe về khả năng chịu lực, tính ổn định và độ chênh lún cho công trình.

Kết cấu móng thường rất đa dạng và linh hoạt, tuy nhiên có mấy dạng phổ biến như sau:



Hình 1: Một số giải pháp móng phổ biến cho nhà cao tầng

Để tăng độ cứng không gian của móng cũng như giảm chênh lún tốt nhất thì giải pháp móng cọc kết hợp với đài dạng băng, bè được sử dụng nhiều hơn cả. Thêm vào đó phần lớn các công trình nhà cao tầng thường thiết kế có các tầng ngầm để tận dụng không gian sử dụng, khi đó móng cọc được đặt trong các hố đào sâu cho nên ngoài việc chịu tải trọng của công trình, cọc còn chịu các tác động do có hiện tượng phòng của đất khi mở hố đào và áp lực đẩy nổi của nước, làm cọc có khả năng chịu kéo nhiều hơn. Do đó ngoài vấn đề giảm tải cho công trình thì việc tính toán móng cọc dưới tầng ngầm giống như móng băng, bè - cọc.

Với mục đích tổng hợp các kiến thức chuyên môn, để xây dựng một mô hình tính toán mô phỏng được sự làm việc đồng thời của kết cấu móng - cọc - nền đất một cách hợp lý, làm tài liệu tham khảo thêm cho sinh viên ngành xây dựng tôi post lên ketcau.com

bài viết này mong được sự góp ý của mọi người.

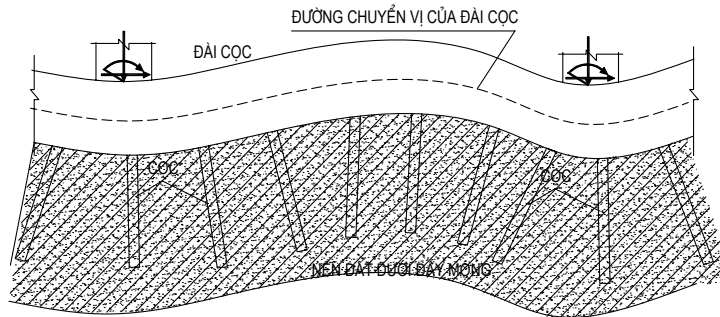
2. Cơ chế làm việc của hệ móng băng, bè – cọc và các quan điểm thiết kế.

Nghiên cứu tác động qua lại khi kể tới ảnh hưởng của đài cọc, nền đất dưới đáy đài và cọc cho thấy cơ cấu truyền tải trọng như sau:

+ Sự làm việc của đài cọc: Tải trọng từ công trình truyền xuống móng. Đài cọc liên kết các đầu cọc thành một khối và phân phối tải trọng tập trung tại các vị trí chân cột, tường cho các cọc. Sự phân phối này phụ thuộc vào việc bố trí các cọc và độ cứng kháng uốn của đài (EJ). Ở một mức độ nhất định nó có khả năng điều chỉnh độ lún không đều (lún lệch).

+ Ảnh hưởng của nền đất dưới đáy đài: Khi đài cọc chịu tác động của tải trọng một phần được truyền xuống cho các cọc chịu và một phần được phân phối cho nền đất dưới đáy đài. Tỷ lệ phân phối này còn phụ thuộc vào các yếu tố: độ cứng của nền đất, chuyển vị của đài, chuyển vị của cọc và việc bố trí các cọc.

+ Ảnh hưởng của cọc: Cơ chế làm việc của cọc là nhờ được hạ vào các lớp đất tốt phía dưới nên khi chịu tác động của tải trọng đứng từ đài móng nó sẽ truyền tải này xuống lớp đất tốt thông qua lực ma sát giữa cọc với đất và lực kháng ở mũi cọc làm cọc chịu kéo hoặc nén. Trong quá trình làm việc cọc còn chịu thêm các tác động phức tạp khác như: hiệu ứng nhóm cọc, lực ma sát âm ... Do có độ cứng lớn nên cọc tiếp nhận phần lớn tải trọng từ đài xuống, chỉ có một phần nhỏ do nền tiếp nhận.



Hình 2: sự làm việc của hệ đài cọc- cọc - nền đất.

Tóm lại sự làm việc của hệ đài cọc - cọc - nền đất là một hệ thống nhất làm việc đồng thời cùng nhau và tương tác lẫn nhau rất phức tạp. Sự tương tác đó phụ thuộc vào độ cứng kháng uốn của đài cọc, độ cứng của nền đất (đáy đài), độ cứng của cọc (khả năng chịu tải và bố trí cọc). Nhờ vào sự tương tác đó mà tải trọng được phân phối xuống nền đất gây ra chuyển vị của nền, chuyển vị này phân phối lại tải trọng cho kết cấu bên trên từ đó có tác dụng điều chỉnh chênh lún, giữ được độ ổn định không gian cho móng.

3. Các quan điểm thiết kế.

Hiện nay khi thiết kế các loại móng dạng băng cọc, bè cọc thường có hai quan điểm tính toán như sau:

a. **Quan điểm cọc chịu tải - cách tính truyền thống:** Theo quan điểm này, các cọc được thiết kế như một nhóm cọc để tiếp nhận hoàn toàn tải trọng của công trình mà không

kể tới sự tham gia chịu tải của nền đất dưới đài cọc. Thô sơ hơn trong quá trình tính toán hệ móng còn được tính như móng cọc đài thấp với nhiều giả thiết gần đúng như sau:

1- Tải trọng ngang do đất trên mức đáy đài tiếp thu.

2- Đài cọc tuyệt đối cứng, ngàm cứng với cọc và chỉ truyền tải lên các cọc, do đó các cọc chỉ chịu nén, kéo.

3- Cọc trong nhóm cọc làm việc như các cọc đơn, và cọc chịu toàn bộ tải trọng từ đài móng (bỏ qua ảnh hưởng của đất dưới đáy đài).

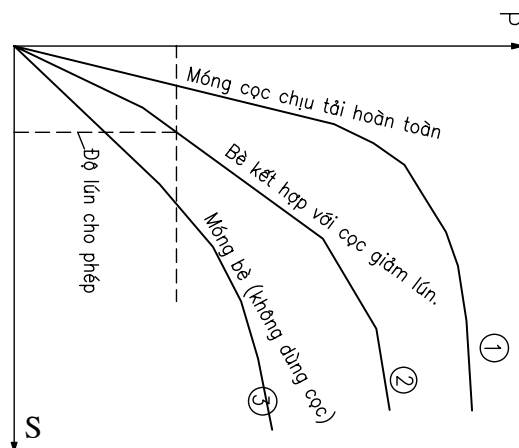
4 - Khi tính toán tổng thể móng cọc thì coi hệ móng cọc là móng khối qui ước.

Theo cách tính này là quá thiên về an toàn và không kinh tế, tuy nhiên nó vẫn được sử dụng phổ biến hiện nay vì đơn giản, thiên về an toàn và được hướng dẫn chi tiết trong các giáo trình Nền móng hiện nay.

b. Quan điểm cọc giảm lún - sự làm việc đồng thời: Theo quan điểm này, hệ kết cấu móng đài cọc - cọc cùng làm việc đồng thời với nền đất theo một thể thống nhất. Các cọc được bố trí ở trong móng làm mục đích chính là giảm nhỏ nhất độ lún trung bình và độ chênh lún. Ngoài ra còn kể đến được ảnh hưởng của đất dưới đáy đài.

Quan sát quan hệ giữa tải trọng và độ lún ở hình 3 cho thấy:

- Đường cong 1: mô tả phương pháp thiết kế truyền thống. Tại tải trọng thiết kế, đường cong quan hệ $P-S$ là tuyến tính toàn bộ tải trọng của công trình do cọc tiếp nhận, độ lún là rất nhỏ do đó cần một số lượng cọc lớn, đồng thời chưa phát huy hết mức sự làm việc của các cọc.
- Đường cong 3: Tại tải trọng thiết kế, độ lún của bè là rất lớn, nền không đủ khả năng chịu tải.
- Đường cong 2: Thể hiện ý tưởng cọc giảm lún và các cọc phát huy hết khả năng làm việc tại giá trị tải trọng thiết kế do đó cần ít cọc hơn cho dù giá trị độ lún lớn nhưng về tổng thể nó vẫn thỏa mãn yêu cầu với một hệ số an toàn hợp lý.



Hình 3: Biểu đồ quan hệ giữa tải trọng và độ lún theo các quan điểm thiết kế.

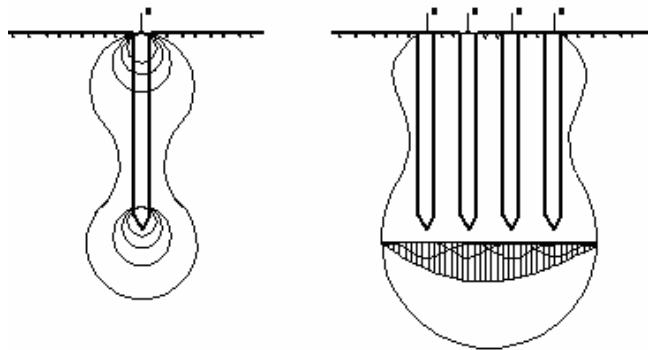
II. NỘI DUNG ĐỀ TÀI.

II.1. Sự làm việc đồng thời của của nhóm cọc.

Đất là một môi trường rất phức tạp vì vậy khi móng cọc làm việc thì sự làm việc của cọc trong nhóm khác nhiều so với sự làm việc của cọc đơn cùng loại. Do có phần chập của vùng ứng suất tăng dưới mũi các cọc chống và nhóm cọc hoạt động như một thể thống nhất, ứng suất tổng cộng có thể lớn gấp vài lần so với ứng suất dưới cọc đơn.

Với cọc chống thường được xuyên một đoạn ngắn vào tầng dưới đất có khả năng chịu lực tốt và cọc truyền tải trọng cho đất trong phạm vi quả bầu áp lực dưới mũi cọc. Nếu tầng đất này và các tầng đất phía dưới có khả năng chịu tải lớn thì mỗi cọc trong nhóm sẽ chịu một tải trọng như nhau và như một cọc đơn. Nếu lớp đất dưới mũi cọc có tính biến dạng lớn thì độ lún của nhóm cọc sẽ có thể lớn hơn nhiều so với độ lún thu được trong thí nghiệm cọc đơn, mặc dù áp lực chống có thể nhỏ hơn giá trị cho phép.

Sự làm việc của cọc ma sát trong nhóm, nhìn chung là khác với sự làm việc của cọc đơn. Nguyên nhân của sự khác nhau này là do có sự ảnh hưởng qua lại của cọc, lực ma sát dọc theo thân cọc giảm đi vì giảm vùng phân bố ứng suất trong đất của không gian giữa các cọc, còn sức kháng của đất ở mũi được tăng lên do nén chặt đất khi hạ các cọc lân cận. Mức độ thay đổi sức chịu tải giới hạn và độ lún của cọc phụ thuộc vào chiều dài cọc, số cọc trong nhóm, tính chất của đất dưới mũi cọc, cũng như vào tỷ số tải trọng truyền qua thân cọc và qua mũi cọc.



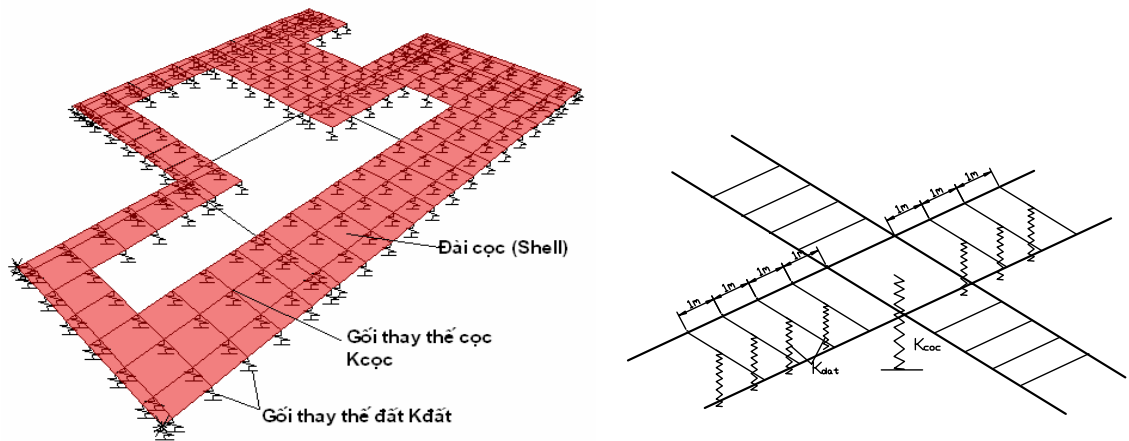
Hình 4: Các đường đẳng ứng suất của cọc đơn và nhóm cọc

II.2. Xây dựng mô hình tính.

Trên cơ sở phân tích trên, để giải quyết bài toán có kể đến sự làm việc đồng thời giữa hệ kết cấu: đài cọc - cọc - nền đất một cách tương đối hợp lý, tôi sử dụng phương pháp PTHH mô hình hệ kết cấu móng là các phần tử hữu hạn như sau:

- + Đài cọc được khai báo là các phần tử SHELL. Đài được chia thành lưới hình ô vuông hoặc hình chữ nhật.
- + Cọc được thay thế bằng các gối đàn hồi (SPRING) có độ cứng $K_{cọc}$ tương ứng.

- + Đất dưới đáy đài được thay bằng các gối SPRING có độ cứng $K_{đất}$ thay đổi tùy theo vào điều kiện địa chất.



Hình 5: Sơ đồ mô hình kết cấu tính móng băng, bè

Với cách mô hình hoá này, có kể đến sự làm việc đồng thời của các cọc trong nhóm, kể đến ảnh hưởng của các tương tác cọc với đất, đất với đất và đất với cọc thông qua việc xác định các thông số của mô hình đó là độ cứng của các gối đàn hồi thay thế cọc $K_{cọc}$ và thay thế đất $K_{đất}$.

3. Xác định các thông số của mô hình tính.

3.1. Xác định độ cứng gối đàn hồi thay thế cọc $K_{cọc}$.

- Cọc được thay thế bằng các gối đàn hồi có độ cứng $K_{cọc}$ - đặc trưng cho độ cứng của cọc.

$$K_{cọc\ i} = \frac{P_i}{S_i} \quad (1)$$

Trong đó:

+ S_i : Độ lún của cọc thứ i khi chịu tải trọng P_i . Theo các nghiên cứu của nhiều nhà khoa học, độ lún của cọc đơn có kể đến hiệu ứng nhóm được xác định như sau:

$$S_i = S_c \cdot (1 + \sum_{i=2}^{mc} \alpha_i) \quad (2)$$

Với: $\sum_{i=2}^{mc} \alpha_i$ Hệ số ảnh hưởng của nhóm cọc, được xác định theo công thức kinh nghiệm:

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot \ln(L / \delta)}{\ln(L / \rho d)} \quad \text{với } \delta < L.$$

$$\alpha = 0 \quad \text{với } \delta > L.$$

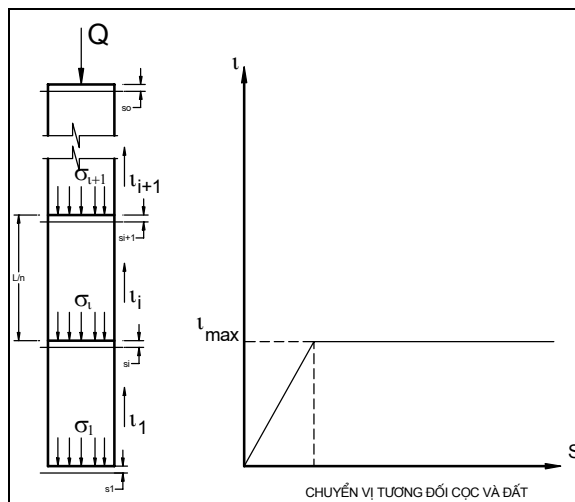
+ L : Chiều dài cọc; δ : Khoảng cách giữa các tâm cọc; d : Đường kính cọc.

$$\text{hệ số } \rho = \frac{E_g}{E_m}$$

+ $E_g; E_m$: Là module biến dạng của đất tại điểm giữa chiều dài cọc và mũi cọc

+ S_c là độ lún cọc đơn dưới tác dụng của lực P_i xác định trên cơ sở tương tác giữa cọc và đất, nền đất ở mũi cọc và bản thân biến dạng đàn hồi của cọc. S_c có thể được tính thông qua các công thức thực nghiệm như nhiều tác giả đã đưa ra như: Phương pháp truyền tải của Coyle và Reese (1960); phương pháp của Gambin (tài liệu tham khảo 1), phương pháp của Mindlin theo lý thuyết đàn hồi (tài liệu tham khảo 2)... Sau đây xin giới thiệu một cách tính đơn giản, thông dụng của Gambin.

- Bài toán tính lún của cọc đơn có kể đến ảnh hưởng của nhóm cọc của Gambin dựa theo nguyên lý bài toán truyền tải trọng.



Hình 6: Mô tả phương pháp tính lún của Gambin

Chia cọc thành n đoạn. Tính toán được bắt đầu từ mũi cọc, dưới 1 áp lực tác dụng vào đất, giả thiết ban đầu là σ_1 (tạo ra độ lún s_1). Ta tính toán chuyển dần đến đoạn cọc thứ i , có các thành phần:

- + Ứng suất pháp tuyến σ_i tác dụng ở đáy đoạn cọc thứ i và đỉnh đoạn cọc $i-1$.
- + Độ lún s_i ở đáy đoạn cọc i .
- + Ứng suất cắt cọc đất τ_i ở thành đoạn cọc thứ i , do độ lún s_i gây ra.
- + Ứng suất pháp tuyến σ_{i+1} tác động lên đầu đoạn cọc thứ i , có tính đến ma sát thành đoạn thứ i được xác định theo biểu thức:

$$\sigma_{i+1} = \sigma_i + \frac{2\pi R h_i \cdot \tau_i}{\pi R^2} \quad (3)$$

Nếu ta gọi ΔH_i là độ biến dạng của vật liệu đoạn cọc thứ i , thì độ lún ($S_i + \Delta H_i$) chính là độ lún chuyển lên đáy đoạn thứ $i+1$. Cứ như thế tiếp tục tính lên các đoạn phía trên cho đến đỉnh cọc sẽ tìm được giá trị tải về đầu cọc Q tương ứng.

So sánh giá trị Q vừa tìm được và giá trị tải trọng làm việc theo thiết kế, tính lặp cho đến khi hội tụ về giá trị Q thì dừng lại.

3.2. Xác định độ cứng gối đàn hồi thay thế đất.

Độ cứng của gối lò xo thay thế đất được xác định như sau: $K_{\text{đất}} = C \cdot F_i$ (4)

F_i - diện tích phần chịu tải thay thế; C - độ cứng đơn vị – còn gọi là hệ số nền.

Giá trị này có thể chọn theo kinh nghiệm hoặc tính theo các công thức thực nghiệm:

Vesic, poulos..., ví dụ như công thức của Vesic:
$$c = \frac{0.65}{B} \cdot \sqrt[1.2]{\frac{E \cdot B^4}{E_d \cdot J_d}} \cdot \frac{E}{1 - \mu^2}$$
 (5)

+ B : Chiều rộng móng.

+ $E(\text{KN/m}^2)$, μ : lần lượt là modun biến dạng và hệ số nở hông của đất.

+ $E_d \cdot J_d$: Độ cứng kháng uốn của đài cọc.

4. Thiết kế và áp dụng.

4.1. Các bước tính toán móng băng, bè cọc.

Trên sở sở lý thuyết và các thông số đầu vào đã có thể xác định ở trên, tôi xin đưa ra nội dung thiết kế móng cọc đài băng, bè làm việc đồng thời với đất nền theo các bước sau:

- Bước 1: Xác định sơ bộ số lượng cọc cần bố trí.

- + Xác định độ cứng nhóm cọc.
- + Xác định độ cứng bản thân băng (bè).
- + Tính độ cứng móng băng (bè) cọc.
- + Xác định tải trọng được mang bởi đài cọc.

- Bước 2: Xác định vị trí cần bố trí cọc.

Xác định vị trí cần bố trí cọc: Ta phải xác định được các trường hợp mà ở đó cọc có thể cần phải bố trí theo yêu cầu. Trên cơ sở đó ta có khả năng chịu lực của bè mà không cần bố trí cọc là $[P]$. Đây là nội dung cơ bản của việc thiết kế loại móng này.

- Bước 3: Thiết kế chi tiết.

- + Xác định sức chịu tải của cọc đơn (tốt nhất là bằng thí nghiệm nén tĩnh).
- + Xác định độ cứng của lò xo thay thế cọc, đất dưới đáy đài.

- Bước 4: Kiểm tra các hiện tượng đặc biệt trong thiết kế móng nhà cao tầng.

- + Hiện tượng đẩy nổi của áp lực nước.
- + Hiện tượng kéo xuống xung quanh thành.

Lưu ý: Các trường hợp cần bố trí cọc:

- + Nếu Momen lớn nhất trong bè dưới cột vượt giá trị cho phép.
- + Nếu lực cắt lớn nhất trong bè dưới cột vượt giá trị cho phép của bè móng.

+ Nếu áp lực tiếp xúc lớn nhất dưới bề móng vượt quá giá trị thiết kế cho phép của đất.

+ Nếu chuyển vị bên dưới cột vượt quá giá trị cho phép.

NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

Từ cơ sở lý thuyết trên tôi đã lập chương trình tính toán móng băng, bề trên nền cọc và qua kết quả tính toán cụ thể cho một số công trình, tôi đưa ra một số kết luận sau:

1. Về kết quả tính toán.

Như đã trình bày ở trên, hệ kết cấu đài cọc - cọc - đất làm việc đồng thời với nhau, tương tác với nhau rất phức tạp phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Tuy nhiên, qua số liệu phân tích ở một số ví dụ ở một số công trình, rút ra một số kết luận sau:

+ Khi kể đến ảnh hưởng của đất dưới đài cọc, tùy theo độ cứng của nền mà tỷ lệ tải trọng do đất chịu thay đổi từ 10% đến 20% (với móng đài bề thậm trí lên tới 30%) còn lại là do cọc chịu.

+ Khi kể đến ảnh hưởng của cọc làm việc theo nhóm (tức là có sự tương tác giữa đất và cọc) thì chuyển vị của cọc thay đổi không nhiều thường 3% - 5% (đất dính thì tỷ lệ này cao hơn).

+ Ảnh hưởng tương tác giữa các cọc không đáng kể khi bố trí các cọc với khoảng cách lớn hơn $5d$ (d - đường kính cọc).

Summary:

Analyse the interaction between raft cap, piles and soils under the cap.

The raft pile is popular solution in high or medium building. There are two main point of views to analyse the pile and raft cap system. In detail it's seemed piles under the raft cap support whole the load from the upper structure, and the other, piles are installed to reduce the deformation of the foundation. Raft cap and soil under the cap are combined and they are interacted work to the supper structure. To solve this problem, I simulated system piles and raft cap as follows: Raft pile are shell elements and piles and soils are as springs with corresponding rigid confection K_{pile} and K_{soil} . Estimating K_{pile} and K_{soil} are mentioned to the interaction. Thereafter, from the above theory basis I wrote the a software **by Visual Basic language** which help us to analyse this problem.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cẩm nang dùng cho kỹ sư địa kỹ thuật - Trần văn Việt
2. Luận văn thạc sĩ “ Nghiên cứu và lập chương trình tính toán móng lệch làm việc đồng thời với nền” - Nguyễn Tiến Dũng
3. Luận văn thạc sĩ “Tương tác giữa nền và móng cọc, bài toán hiệu ứng nhóm cọc” - Phan Vũ Anh
4. Broja M. Das. Shallow foundations, bearing capacity and settlement.
5. Foundation Design and construction, Part 5 – Buoyancy rafts and basement (box foundation), pp. 167 – 212.
6. 10. Bài báo “Xem xét ảnh hưởng của nhóm cọc trong trường hợp chịu tải trọng thẳng đứng “ (Tạp chí Xây dựng 11/2004) - Trần Hữu Hà
7. Vũ Công Ngữ . Thiết kế móng nông .Trường Đại Học Xây Dựng –1998.
8. Lê Đức Thắng.Thiết kế móng cọc. Trường Đại Học Xây Dựng –1998.
9. Tiêu chuẩn nền móng. TCXD-205-1998.
10. Tiêu chuẩn nền móng. TCXD-206-1998.
11. Phân tích và thiết kế kết cấu bằng phần mềm SAP2000
12. PROGRAMMING MICROSOFT VISUAL B 6.0